

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa sampel (benda uji) yang disebut dengan populasi. Penelitian ini menggunakan variasi campuran dan jumlah sampel (benda uji) yang telah ditentukan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variasi Pengujian Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas Beton

Variasi Penambahan air semen (%)	Jenis Pengujian	Umur (hari)	Ukuran silinder (cm)	Jumlah
0%	Kuat Tekan & Modulus Elastisitas	28	15 x 30	3
2%	Kuat Tekan & Modulus Elastisitas	28	15 x 30	3
4%	Kuat Tekan & Modulus Elastisitas	28	15 x 30	3
6%	Kuat Tekan & Modulus Elastisitas	28	15 x 30	3
8%	Kuat Tekan & Modulus Elastisitas	28	15 x 30	3

Tabel 3.2 Variasi Pengujian Porositas Beton

Variasi Penambahan air semen (%)	Jenis Pengujian	Umur (hari)	Ukuran silinder (cm)	Jumlah
0%	Porositas	28	15 x 30	3
2%	Porositas	28	15 x 30	3
4%	Porositas	28	15 x 30	3
6%	Porositas	28	15 x 30	3
8%	Porositas	28	15 x 30	3

3.2 Material

- a. Agregat kasar atau kerikil : Batu pecah (alami) Pasuruan
- b. Agregat halus atau pasir : Pasir Lumajang
- c. Semen : Semen Gresik tipe 1
- d. Air : Air Lab Bahan Konstruksi ITN Malang

3.3 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Timbangan - akurasi 0, gram dari berat contoh untuk berbagai pengujian.
- 2) Cetakan Silinder - diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- 3) Tongkat Pemadat Baja Tahan Karat - diameter 16 mm dan panjang 60 cm dengan ujung membulat.
- 4) Bak Pengaduk Beton atau Mesin Pengaduk (*Molen/Mixer*).
- 5) Mesin Uji Tekan - kapasitas sesuai kebutuhan.
- 6) Alat Pelapis (Capping) - satu set alat untuk capping beton.
- 7) Alat Tambahan - ember, cetok, sendok perata, talam.
- 8) *Slump Cone* - kerucut tinggi 300 mm, diameter dasar 200 mm, diameter atas 100 mm.
- 9) Batang Pemadat untuk *Slump Cone* - diameter 16 mm, panjang 600 mm.
- 10) Penggaris atau Meteran - untuk mengukur nilai slump dan dimensi benda uji.
- 11) Oven - pengatur suhu hingga 110 ± 5 °C untuk mengeringkan sampel.
- 12) Batang Pemadat untuk Uji Berat Isi - diameter 15 mm, panjang 60 cm, ujung membulat.
- 13) Wadah Baja Berbentuk Silinder - dilengkapi pegangan untuk pengujian berat isi.
- 14) Saringan - dengan ukuran mesh tertentu untuk analisa saringan agregat kasar dan halus (ukuran $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{8}$, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200).
- 15) *Sample Splitter* (Alat Pemisah Contoh) - untuk membagi sampel agregat.
- 16) Talam - sebagai wadah untuk pengeringan agregat.
- 17) Sikat Kuningan dan Kuas - untuk membersihkan saringan.
- 18) Sekop atau Cetok - untuk mengambil sampel agregat dan adukan.
- 19) Wadah Pencuci - untuk mencuci sampel yang akan melalui saringan No.200.

3.4 Metode Penelitian

Terdapat dua tahapan dalam metode penelitian ini yaitu:

1. Studi Literatur

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari berbagai sumber literatur, seperti jurnal, buku, dan laporan penelitian, untuk memperoleh dasar teori yang lebih mendalam dan tepat.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental melibatkan pengujian langsung terhadap objek penelitian dalam kondisi yang telah disiapkan. Metode ini memungkinkan pengumpulan data secara langsung untuk menguji hipotesis dan mengevaluasi variabel yang diteliti.

Berikut adalah langkah-langkah utama yang umumnya dilakukan dalam pelaksanaan penelitian uji eksperimen ini:

a. Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan berat isi bertujuan untuk mengetahui massa jenis agregat per satuan volume, yang digunakan sebagai dasar perhitungan proporsi campuran beton dan kontrol mutu material. Pengujian dapat dilakukan pada agregat halus maupun kasar sesuai SNI 03-4804-1998 atau standar sejenis.

Alat dan Bahan

- Timbangan digital (ketelitian $\geq 0,1$ g)
- Wadah silinder atau keranjang uji dengan volume diketahui
- Corong atau sekop kecil
- Tongkat pemadat
- Agregat uji (halus/kasar)

Langkah Pengujian

1. Tentukan volume wadah dengan mengukur dimensinya atau gunakan wadah berkapasitas pasti.
2. Timbang wadah kosong dan kering, catat sebagai W_1 .
3. Masukkan agregat:
4. Metode padat: Isi wadah dalam tiga lapisan, tiap lapisan dipadatkan 25 tusukan tongkat dari ketinggian ± 5 cm, lalu ratakan.
5. Metode gembur: Isi tanpa pemadatan, lalu ratakan permukaan.
6. Timbang wadah berisi agregat, catat sebagai W_2 .

7. Hitung massa agregat: $W = W_2 - W_1$

8. Hitung berat isi (BI):

$$BI = \frac{W}{V} \quad (8)$$

Keterangan:

BI : berat isi (kg/m^3)

W : massa agregat (kg)

V : volume wadah (m^3)

9. Ulangi minimal tiga kali, ambil nilai rata-rata sebagai berat isi agregat.

b. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Pengujian ini bertujuan menentukan distribusi ukuran butiran agregat untuk mengetahui gradasinya dan memastikan kesesuaian dengan spesifikasi.

Metode mengacu pada SNI 03-1968-1990 atau SNI ASTM C136:2012.

Alat dan Bahan

- Saringan bertingkat sesuai jenis agregat (kasar/halus)
- Timbangan digital ($\geq 0,1$ g)
- Mesin pengayak atau sieve shaker
- Wadah agregat dan sikat pembersih
- Agregat uji

Langkah Pengujian

1. Persiapan

- Susun saringan dari bukaan terbesar ke terkecil, diakhiri dengan pan penampung.
- Ukuran saringan agregat kasar: 37,5 mm–4,75 mm.
- Ukuran saringan agregat halus: 4,75 mm–0,075 mm.
- Bersihkan saringan sebelum digunakan.

2. Penimbangan Awal

- Timbang agregat kering (± 5000 g untuk kasar, ± 1000 g untuk halus)
→ W_{total} .

3. Pengayakan

- Masukkan sampel ke saringan teratas, ayak ± 10 menit menggunakan mesin atau manual dengan gerakan horizontal, vertikal, dan memutar.

4. Penimbangan Tertahan

- Timbang berat agregat tertahan pada tiap saringan $\rightarrow W_{\text{tertahan}}$.

5. Perhitungan

$$\% \text{Tertahan} = \frac{W_{\text{tertahan}}}{W_{\text{total}}} \times 100\% \quad (9)$$

Hitung % kumulatif tertahan dan % lolos.

6. Analisis Hasil

- Buat tabel dan grafik gradasi, bandingkan dengan spesifikasi SNI untuk menentukan jenis gradasi (halus, kasar, seragam).

c. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200

Percobaan ini bertujuan untuk mengukur jumlah material agregat yang melewati saringan No. 200 menggunakan metode pencucian.

d. Pemeriksaan Bahan Organik

Eksperimen ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan bahan organik dalam agregat halus, yang dapat memengaruhi kualitas beton.

e. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Eksperimen ini bertujuan untuk mengukur persentase lumpur dalam agregat halus, yang harus memenuhi batas maksimum 5% sesuai SNI S-04-1989-F.

f. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Eksperimen ini bertujuan untuk mengukur kadar air dalam agregat melalui pengeringan, agar kualitas dan komposisi beton tetap terjaga. Kadar air dihitung sebagai rasio berat air terhadap berat agregat kering.

g. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Penentuan *bulk* dan *apparent specific gravity* serta penyerapan agregat kasar dilakukan sesuai prosedur ASTM C-127 untuk mengukur volume agregat dalam beton.

h. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Eksperimen ini bertujuan untuk menentukan bulk dan apparent specific gravity serta tingkat penyerapan agregat halus menurut ASTM C-128, yang penting untuk menghitung volume agregat dalam beton.

i. Pengujian Keausan Agregat (Abrasi Test) dengan menggunakan alat Los angeles

Percobaan ini bertujuan untuk menguji ketahanan agregat kasar berukuran di bawah 37,5 mm terhadap keausan dengan menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles

j. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Percobaan ini bertujuan untuk mengukur berat jenis semen Portland, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara volume semen kering pada suhu kamar dengan volume air suling pada suhu 25°C dalam volume yang sama.

k. Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Hidrolis

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan konsistensi normal semen hidrolis yang diperlukan dalam pengujian waktu pengikatan semen.

l. Penetapan Variabel Perencanaan dan Perhitungan Komposisi Unsur Beton

Langkah-langkah penyusunan adalah sebagai berikut:

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

1. Menentukan Standar Deviasi

Tabel 3.3 Standar Deviasi berdasarkan isi pekerjaan

Sumber: SNI 2834-2000

2. Hitung rata-rata kuat tekan menggunakan rumus:
$$f_{cr} = f_c + 1,64 \times S_r$$
3. Tentukan faktor air-semen (f.a.s) berdasarkan gambar yang relevan. (grafik 1 bahan uji silinder)

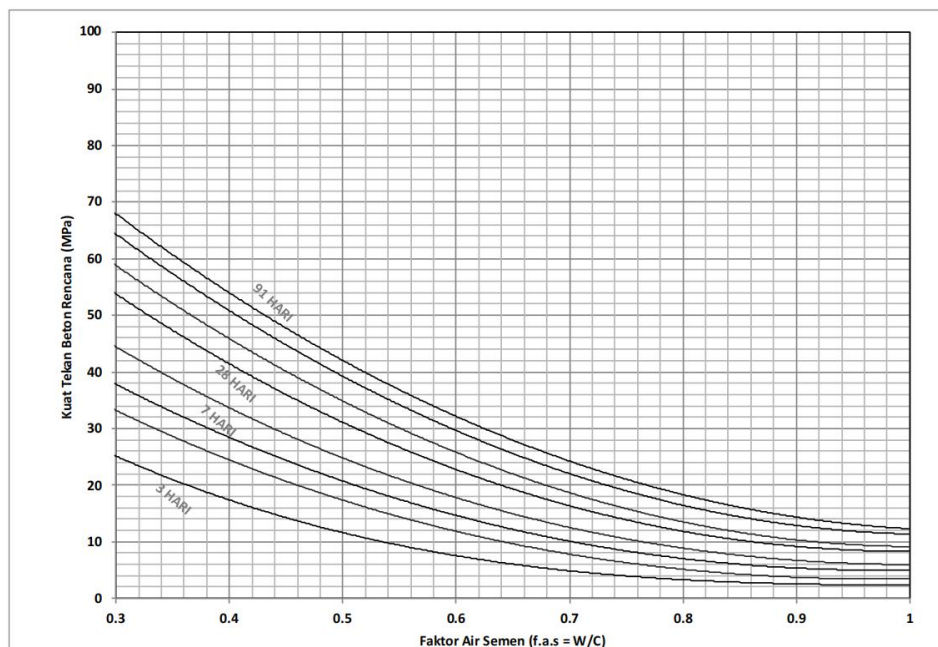
Tabel 3.4Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Umur (Hari)				Bentuk
		3	7	28	95	Bentuk Uji
Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	25	30	45	54	
Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari tabel 2.5, maka dapat masuk ke grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (W/C)

Gambar 3.1 Grafik kurva hubungan antara kuat tekan dengan f.a.s



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

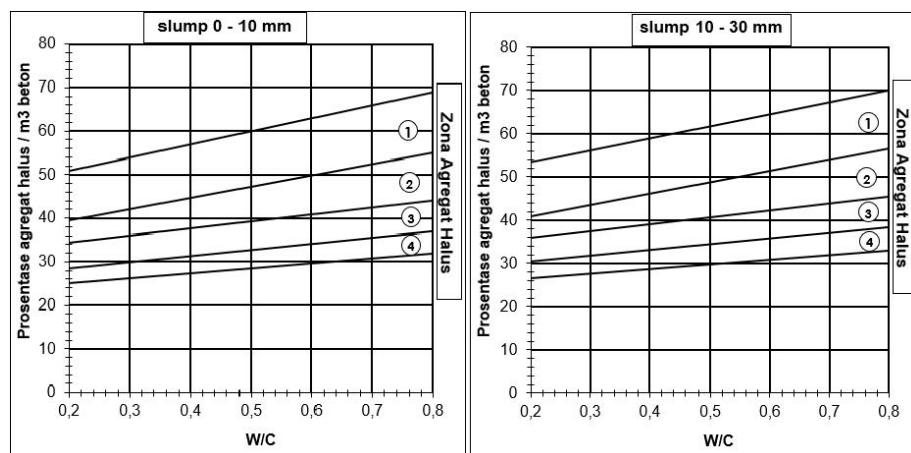
4. Hitung jumlah air bebas dengan merujuk pada tabel untuk agregat gabungan alami (belum dipecah) dan agregat yang dipecah.

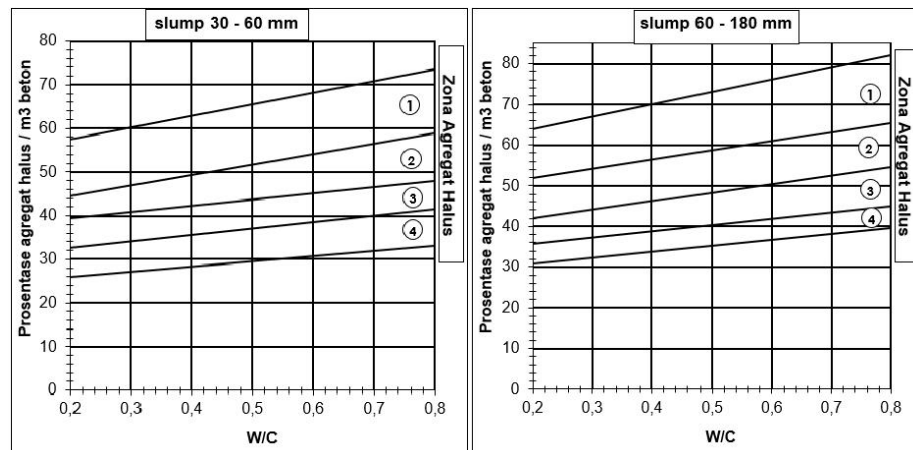
Tabel 3.5 Perkiraan Jumlah Air Bebas

AIR BEBAS								
AG MAX (mm)	SLUMP (mm)							
	0-10		10-30		30-60		60-180	
	Wh	Wk	Wh	Wk	Wh	Wk	Wh	Wk
10	150	180	180	205	205	230	225	250
20	135	170	160	190	180	210	195	225
25	130	171	155	186	175	205	190	220
40	115	175	140	175	160	190	175	205

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- Hitung jumlah semen Portland menggunakan rumus: Jumlah Semen PC = jumlah air bebas / f.a.s = $W / f.a.s$. Jika nilai W/C lebih kecil dari yang tercantum dalam tabel, ambil nilai terkecil dan pastikan memenuhi batas minimum sesuai tabel.
- Tentukan persentase agregat halus menggunakan grafik berdasarkan zona pasir, f.a.s, nilai slump, dan diameter agregat maksimum.

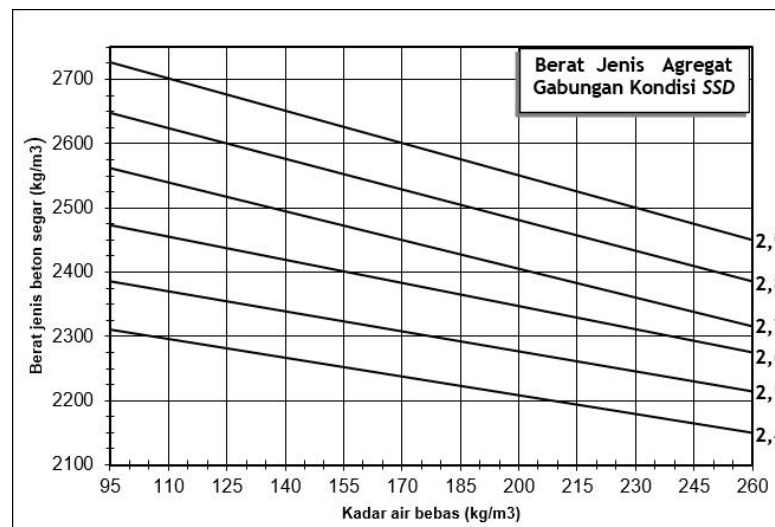




Gambar 3.2 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

7. Hitung berat jenis beton segar menggunakan jumlah air bebas W dan berat jenis gabungan G_s gab untuk memperkirakan berat jenis beton segar D .



Gambar 3.3 Grafik Perkiraan Berat Jenis Beton Segar

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

8. Tentukan jumlah agregat dalam kondisi SSD:

Jumlah total agregat = berat jenis beton segar - jumlah semen - jumlah air bebas.

Jumlah agregat halus = persentase agregat halus dikali total agregat.

Jumlah agregat kasar = persentase agregat kasar dikali total agregat.

9. Untuk komposisi campuran lapangan, konversikan agregat dari kondisi SSD ke kondisi asli.

m. Pencampuran dan pembuatan benda uji

Percobaan ini bertujuan untuk membuat benda uji beton guna menguji kuat tekan, modulus elastisitas dan porositas. Peralatan yang digunakan mencakup cetakan silinder Ø15 x 30 cm, tongkat pemadat baja tahan karat diameter 16 mm dan Panjang 60 cm, mesin pengaduk beton, timbangan, mesin uji tekan, dan mesin uji modulus elastisitas serta porositas.

n. Pengujian Workabilitas (*Slump Test*)

Pengujian *slump* digunakan untuk mengevaluasi seberapa mudah beton segar dapat mengalir setelah dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk kerucut terbalik. Prosedurnya dimulai dengan mengisi cetakan kerucut dengan beton dalam tiga lapisan, setiap lapisan dipadatkan, lalu cetakan diangkat secara vertikal. Setelah cetakan dilepas, penurunan beton yang terjadi (*slump*) diukur untuk mengetahui tingkat konsistensi dan kelancaran beton segar, baik sebelum dituangkan di lapangan atau di laboratorium.

o. Pengujian Kuat Tekan

Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan beton:

1. Persiapan Benda Uji:
Siapkan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Biarkan sampel ini dalam proses curing selama 28 hari untuk memungkinkan beton mencapai kekuatan maksimal.
2. Pengukuran Dimensi:
Gunakan penggaris atau kaliper untuk mengukur dimensi sampel. Pastikan diameter dan tinggi sampel beton sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan.
3. Pemasangan Sampel:

Posisikan sampel beton pada mesin uji tekan dengan benar. Pastikan permukaan atas sampel rata dan bersih untuk memastikan distribusi beban yang merata.

4. Pelaksanaan Pengujian:

Nyalakan mesin uji tekan dan secara perlahan berikan beban pada sampel beton hingga mencapai titik kerusakan atau pecah. Catat nilai gaya tekan aksial (P) yang diterima pada saat beton mulai retak dan akhirnya hancur.

5. Pencatatan Hasil

Luas penampang silinder dapat dihitung dengan rumus :

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (10)$$

Setelah pengujian, kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (11)$$

Keterangan:

F_c = kuat tekan beton (MPa)

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang (mm²)

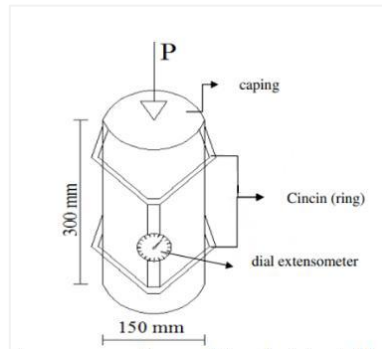
p. Pengujian Modulus Elastisitas

Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian Modulus Elastisitas:

a. Bahan uji

Benda uji berupa beton silinder diameter 15x30 cm berumur 28 hari dan telah *dicapping*.

b. Alat Uji



Gambar 3.4 Uji Modulus Elastisitas

c. Prosedur Pelaksanaan Pengujian

1. Ukur dimensi sampel (tinggi dan diameternya) kemudian timbang beratnya (w).
2. *Capping* permukaan atas dan bawah sampel dengan bahan *capping* (belerang dan pasir kuarsa) dengan perbandingan 1 : 1 setebal ± 1 cm.
3. Sampel diletakan pada alat ukur modulus elastisitas, lalu pasang alat *compressometer* dan *dial gauge* pada benda uji. Pastikan mur dan baut terpasang sempurna.
4. Letakkan benda uji yang telah dipasang alat *compressometer* pada mesin penguji tekan.
5. Jarum *compressometer* dan *dial gauge* diatur pada posisi nol arah longitudinal pada mesin uji tekan.
6. Siapkan kamera di depan mesin penguji tekan untuk merekam perubahan yang terjadi pada *dial gauge* selama pengujian.
7. Nyalakan mesin penguji tekan sambil memberi aba-aba setiap penambahan tekanan sebesar 50 kN, lalu baca besarnya perubahan panjang (Δl) untuk setiap penambahan 50 kN di *dial gauge* pada alat *compressometer*.
8. Proses perekaman dilakukans selama proses pengujian berlangsung, sampai benda uji hancur atau mencapai tekanan maksimal.
9. Setelah benda uji hancur, periksa hasil dokumentasi dan catat

displacement longitudinal yang terbaca pada *dial gauge* setiap penambahan beban 50 kN.

d. Rumus perhitungan (ASTM C469,1994)

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (12)$$

Dimana:

E_c = Modulus Elastisitas (MPa).

S_2 = Tegangan sesuai dengan 40% dari beban akhir.

S_1 = Tegangan yang sesuai dengan regangan longitudinal 0,00005.

ϵ_2 = Regangan longitudinal dihasilkan oleh tegangan S_2

Dengan :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (13)$$

Dimana :

ϵ = Regangan normal

ΔL = Penurunan arah longitudinal

L_o = Tinggi beton relatif (jarak antar dua *ring dial*) 200 mm

Dengan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (14)$$

Dimana :

σ = Tegangan normal (N/mm²)

P = Besar gaya yang bekerja (N)

A = Luas penampang (mm²)

q. Pengujian Porositas

Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian Porositas:

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menilai tingkat kekosongan atau pori-pori yang terbentuk dalam beton. Nilai ini memberi pemahaman tentang seberapa banyak air atau zat kimia dapat terserap melalui pori-pori, yang sangat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan beton terhadap faktor lingkungan yang berbahaya.

b. Peralatan

1. Wadah
2. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
3. Oven
4. Sampel silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

c. Prosedur Pelaksanaan Pengujian

- a) Sampel yang telah di-*curing* kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ untuk memastikan sampel benar-benar kering.
- b) Sampel ditimbang untuk mendapatkan berat kering (W_{kering})
- c) Rendam sampel sepenuhnya dalam air bersuhu ruang selama 24-48jam sehingga semua pori-pori beton terisi air.
- d) Sampel Kembali ditimbang saat direndam dalam air untuk memperoleh berat dalam air (W_{air}).
- e) Hitung berat jenuh sampel (W_{jenuh}) dengan menimbanginya kembali setelah direndam.

d. Perhitungan Porositas

Menurut ASTM C642-97, Presentasi pori-pori dalam sampel beton dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Porositas} = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M_3} \times 100\% \quad (15)$$

Dengan:

M1 : Berat sampel kering (gram)

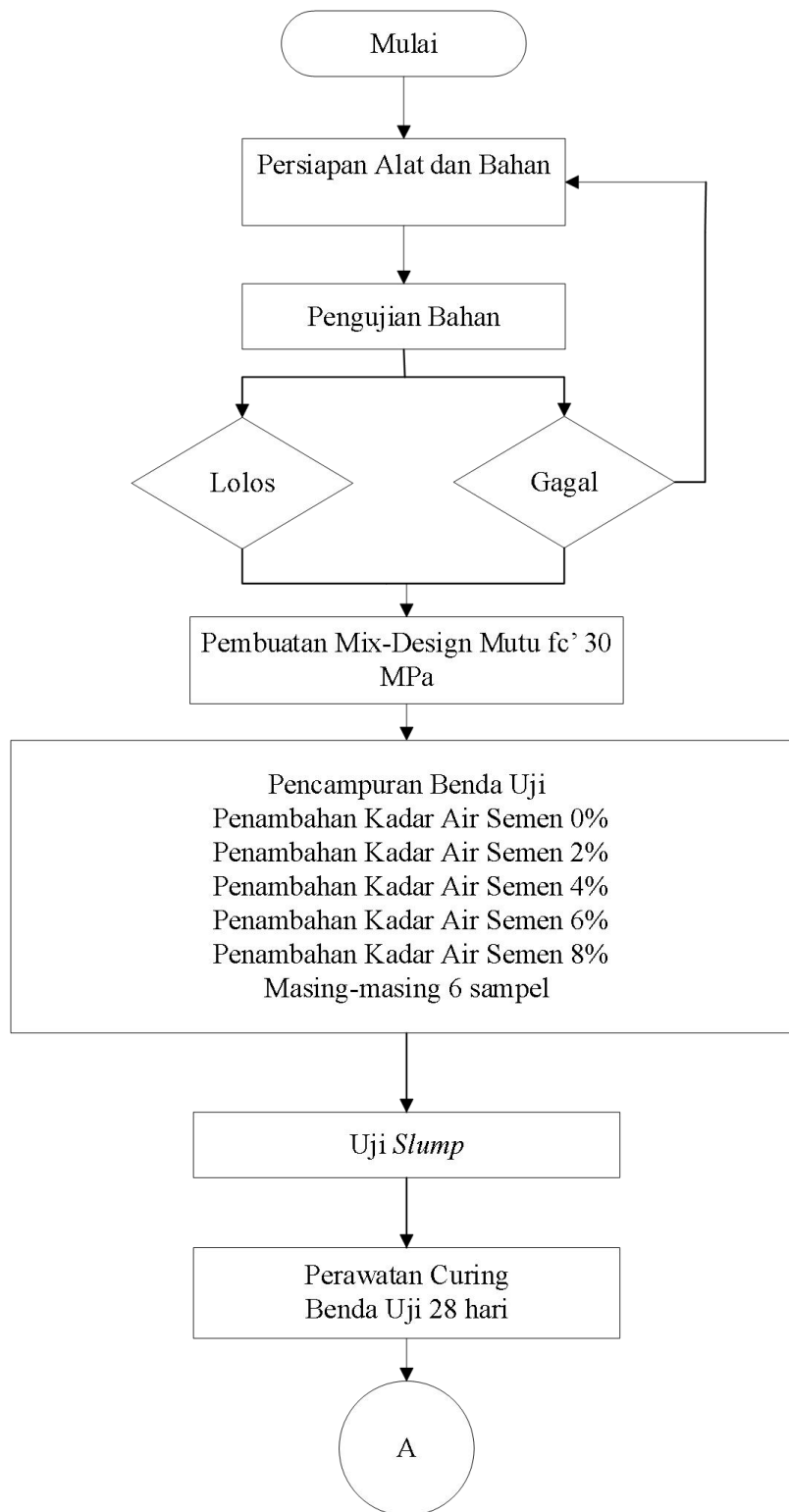
M2 : Berat jenuh permukaan kering (SSD) (gram)

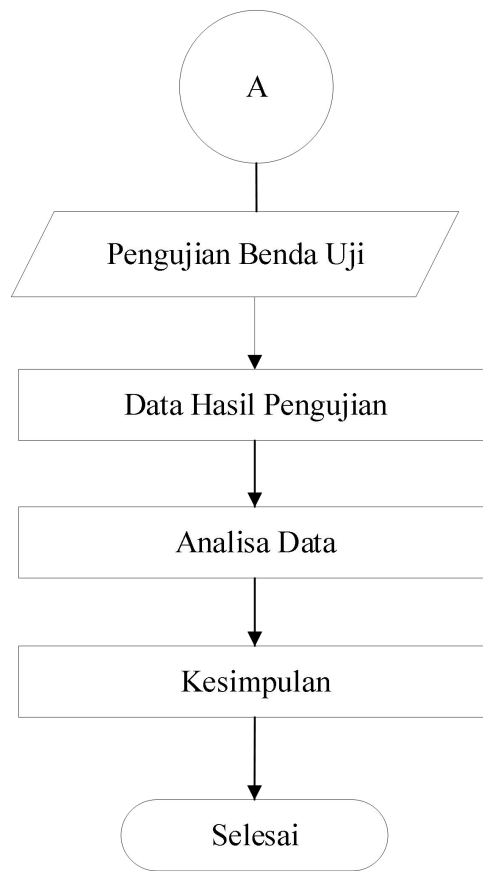
M3 : Berat sampel dalam air (gram)

No	Nama Kegiatan	Waktu																													
		2024																				2025									
		September					Oktober					November					Desember					Januari				Februari					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Studi Literatur																														
2	Penyusunan Proposal Penelitian																														
3	Seminar Proposal																														
4	Pemilhan Alat & Material																														
5	Pengujian Material																														
6	Pembuatan <i>Mix-Design</i>																														
7	Pengecoran Benda Uji																														
8	Perawatan (<i>Curing</i>) Hari Ke-28																														
9	Pengujian Kuat Tekan Beton																														
10	Pengujian Modulus Elastisitas & Porositas Beton																														
11	Pengolahan Data Hasil Pengujian																														
12	Pembahasan Hasil Pengujian (BAB IV & V)																														
13	Kesimpulan																														

Gambar 3.5 Rencana Penjadwalan Penelitian

3.5 Bagan Alir





Gambar 3.6Diagram Alir Penelitian